

16 % Ertragsrückgang nach 12-jährigem ununterbrochenen Erbsenanbau

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden-Pillnitz wurde 2007 ein Fruchtfolgeversuch mit Gemüseerbsen angelegt, bei dem die Erbsen jährlich bzw. im 2-, 4- und 6-jährigen Abstand ohne bzw. mit zwischenzeitlicher Leguminosenkulturen angebaut werden.

2019 standen auf allen 1- bis 4-jährigen Varianten Erbsen, sodass wieder ein Ertragsvergleich durchgeführt werden konnte. Nach nunmehr 12-maligem ununterbrochenen Erbsenanbau (Zwischenfrucht jeweils Phacelia) wurden Ertragsverluste gegenüber den 4-jährigen Varianten von 16 % festgestellt. Auch die beiden 2-jährigen Varianten zeigten entsprechende Verluste.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Die (Gemüse)Erbse gilt allgemein, vor allem wegen des Befalls mit Fußkrankheiten, als selbstunverträglich und es werden Anbaupausen von bis zu 7 Jahren empfohlen. CRÜGER et al. (2002) weisen darauf hin, dass auch andere Leguminosen als Wirte für entsprechende Erreger in Frage kommen, sodass (andere) Leguminosen in einer entsprechenden Fruchtfolge fehlen sollten. FREYER (2003) unterscheidet bei den einzuhaltenden Anbaupausen (für Körnererbsen) zwischen einem Anbau „ohne Biozid“ (4-6 Jahre) und einem „mit Biozid“ (3-4 Jahre), wobei er darauf hinweist, dass ein Anbau „ohne Biozid“ nicht mit ökologischem Landbau gleichzusetzen sei.

Zu **Gemüseerbsen** liegen Versuchsergebnisse von GÜNTHER (1980) bzw. KARCH (1988) für einen sandigen Lehmboden aus Löss vor. Aus den Daten von GÜNTHER errechnet sich für das 1. bis 9. Monokultur-Nachbaujahr (die ersten 7 Anbaujahre mit Spinat als Nachfrucht, danach nach Erbse jeweils Brache) im Mittel ein Ertragsverlust von 17 % (Spanne 6,0 % - 38,6 %) gegenüber Erbsen, die innerhalb einer Fruchtfolge mit alternierendem Gemüse- (keine Leguminosen außer 1-malig Buschbohnen) und Sommerweizenanbau angebaut wurden. Im 10. Nachbaujahr ermittelte KARCH einen Ertragsverlust von 19 %. Nach weiterem 2-maligem Erbsenanbau (innerhalb von 3 Jahren im Wechsel mit Bohnen und Spinat), dann aber 3-jähriger Anbaupause, wurde ein Ertragsverlust von nur noch 6 % (statistisch nicht gesichert) festgestellt. Zu Versuchsergebnissen bezüglich Körnererbsen vgl. LABER (2015).

Da kaum Versuchsergebnisse zum langjährigen Einfluss relativ enger Erbsen- bzw. Erbsen-Leguminosen-Fruchtfolgen auf das Ertrags- und Infektionsgeschehen vorliegen, wurde 2007 in Dresden-Pillnitz ein Fruchtfolgeversuch angelegt, der über 18 Jahre (3 Rotationen der 6-jährigen Fruchtfolgen) laufen soll.

Bei der Ernte 2015 deuteten sich, nach vormals 7-maligem Erbsenanbau in der Monokulturvariante, geringere Erträge bei den Varianten mit jährlichem bzw. 2-jährigen Anbau an (LABER 2015). Nach weiteren 4 Versuchsjahren standen 2019 wieder auf allen 1- bis 4-jährigen Varianten Erbsen, sodass ein Ertragsvergleich durchgeführt werden konnte.

16 % Ertragsrückgang nach 12-jährigem ununterbrochenen Erbsenanbau

Material und Methoden

Der Fruchtfolgeversuch wurde auf einer Fläche angelegt, auf der im September 2006 einheitlich ein Landsberger Gemenge (Winterwicke, Inkarnatklees, Weidelgras) angesät worden war (Tab.). Nach dessen Einarbeitung und einer Einsaat von Phacelia wurden zwischen den 30 m² (12 m × 2,5 m) großen Parzellen 1,25 m (seitlich) bzw. 5,0 m (vor/hinter) breite Rasenwege angelegt, die während der gesamten Versuchslaufzeit eine räumliche Trennung zwischen den Varianten gewährleisten sollen. Anfang August 2007 setzte dann die Differenzierung der verschiedenen Varianten ein: In den Varianten 'jährlich', '2-jährig', '4-jährig ohne bzw. mit Leguminosen' wurde nochmals Phacelia eingesät, während in der Variante '4-jährig + Buschbohne' als Ausgleich für die spätere Ansaat in der Variante '4-jährig mit Leguminosen' Winterwickeln ausgesät wurden.

In der Variante '4-jährig mit Luzerne' wurde ein 1¹/₂-jähriger Luzernebestand etabliert, der regelmäßig beerntet wurde. Diese Variante entspricht einem typischen Anbau von Gemüseerbsen innerhalb einer landwirtschaftlichen Fruchtfolge mit mehrjährigem Klee- oder Luzerneanbau, dem ein 2 (bis 3)-jähriger Getreideanbau folgt. Danach stehen die Gemüseerbsen, wobei man deren frühe Räumung (M.-E. Juni) gerne für die Ansaat von Klee- bzw. Luzernebeständen nutzt.

Die Varianten '4-jährig mit Leguminosen' bzw. '4-jährig + Buschbohne' stellen eher 'intensive' landwirtschaftliche Fruchtfolgen mit Kartoffel- oder Buschbohnenanbau dar, die auf einen mehrjährigen Klee- oder Luzerneanbau verzichten und in denen (stattdessen) Leguminosen-Zwischenfrüchte eingebaut werden. Als Vergleichsvariante dient '4-jährig ohne Leguminosen', in der die Gemüseerbse die einzige Leguminose in der Fruchtfolge ist.

Die Varianten 'jährlich, Zwf. Phacelia' und '2-jährig Zwf. Phacelia' stellen versuchsmäßige Extremvarianten dar. Als Zwischenfrucht nach den Erbsen steht hier Phacelia (Aussaattermin ca. 28. KW), der dann nach Herbstfurche (Spatenmaschine) wieder die Erbse ('jährlich') folgt bzw. nach herbstlicher Einarbeitung ein Wintergetreide etabliert wird. In einer weiteren 2-jährigen Variante ('2-jährig Zwf. Ölrettich') wird nach den Erbsen statt der Phacelia Ölrettich eingesät mit dem zeitgleich (ca. 38. KW) mit der Phacelia-Einarbeitung eine Biofumigation erfolgt. (Die Variante '6-jährig mit Luzerne' stellt eine 'extensivere' landwirtschaftliche Fruchtfolge dar, in der, neben der Luzerne, nur die Gemüseerbse als Leguminose steht. Als Vergleich dient die Variante '6-jährig ohne Leguminosen', in der die Gemüseerbse die einzige Leguminose in der Fruchtfolge ist.)

Die verschiedenen Varianten sind so synchronisiert, dass im Abstand von 4 Jahren (2011, 2015, 2019...) alle 1-, 2- und 4-jährigen Varianten mit Gemüseerbsen bestellt werden und so ein Ertragsvergleich stattfinden kann. Direkte Vorkultur ist dann jeweils, außer in der Variante 'jährlich', Wintertriticale (2018/2019 in der Variante '2-jährig, Zwf. Pha' wegen Auflaufprobleme der Triticale Hafer) mit einer Phacelia-Zwischenfrucht, sodass 'kurzfristige' Fruchtfolgewirkungen eher weniger ertragswirksam werden dürften.

16 % Ertragsrückgang nach 12-jährigem ununterbrochenen Erbsenanbau

Tab.: Fruchtfolgelglieder bei den verschiedenen Varianten

Variante	2007			2008			2009			2010		
	Früh	Som	Herb	Früh	Som	Herb	Früh	Som	Herb	Früh	Som	Herb
jährlich, Zwf. Pha	Landsberger Gem. ⇄ Pha	Pha		Erbse	Pha		Erbse	Pha		Erbse	Bra	
2-jährig, Zwf. Pha		Pha	WW ¹⁾	SW		Pha	Erbse	Pha	WT		Bra	
2-jährig, Zwf. ÖR		Gelbsenf		Erbse	ÖR		Erbse	ÖR	WT		Bra	
4-jähr. o. Legu		Pha	WW ¹⁾	SW		Pha	Kartoffel		WT		Bra	
4-jähr. m. Legu		Pha	WW ¹⁾	SW		WWi	Kartoffel		WT		Bra	
4-jähr. + Bubo		WWi	WW ¹⁾	SW		Pha	Bubo		WT		Bra	
4-jähr. m. Luz.		Luz			WW			WT		Bra		
6-jähr. o. Legu		WWi	WW ¹⁾	SW		Pha	Erbse	Bra	WT		Bra	
6-jähr. m. Luz		Luz	WW ¹⁾	SW		Pha	Erbse	Pha	WT		Bra	

Variante	2011			2012			2013			2014		
	Früh	Som	Herb	Früh	Som	Herb	Früh	Som	Herb	Früh	Som	Herb
jährlich, Zwf. Pha	Erbse	Bra		Erbse	Pha		Erbse ²⁾	Pha		Erbse	Bra	Pha
2-jährig, Zwf. Pha	Erbse	Bra	WW		Pha	Erbse ²⁾	Pha	WT		Pha		
2-jährig, Zwf. ÖR	Erbse	ÖR	WW		Pha	Erbse ²⁾	ÖR	WT		Pha		
4-jähr. o. Legu	Erbse	Bra	WW		Pha	Kartoffel ²⁾		WT		Pha		
4-jähr. m. Legu	Erbse	Per	WW		WWi	Kartoffel ²⁾		WT		Pha		
4-jähr. + Bubo	Erbse	Per	WW		Pha	Bra	Bubo	WT		Pha		
4-jähr. m. Luz.	Erbse	Luz			WW			WT		Pha		
6-jähr. o. Legu	Ha	Bra		Ha	Pha	WW		WT		Pha		
6-jähr. m. Luz	Luz (in DF Ha)			WW			WT		Pha			

Variante	2015			2016			2017			2018			2019
	Früh	Som	Herb	Früh	Som	Herb	Früh	Som	Herb	Früh	Som	Herb	
jährlich, Zwf. Pha	Erbse	Pha		Erbse	Pha		Erbse	Pha		Erbse	Bra	Pha	Erbse
2-jährig, Zwf. Pha	Erbse	Pha	WW		Pha	Erbse	Pha	WT ³⁾	Ha		Pha	Erbse	
2-jährig, Zwf. ÖR	Erbse	ÖR	WW		Pha	Erbse	ÖR	WT		Pha		Erbse	
4-jähr. o. Legu	Erbse	Pha	WW		Pha	Kartoffel		WT		Pha		Erbse	
4-jähr. m. Legu	Erbse	Per	WW		WWi	Kartoffel		WT		Pha		Erbse	
4-jähr. + Bubo	Erbse	Per	WW		Pha	Bra	Bubo	WT		Pha		Erbse	
4-jähr. m. Luz.	Erbse	Luz			WW			WT		Pha		Erbse	
6-jähr. o. Legu	Erbse	Pha	WW		Pha	Ha	Pha	Ha	Pha	WW	Erbse		
6-jähr. m. Luz	Erbse	Pha	WW		Pha	Luz (in DF Ha)			WW				

Frü = Frühjahr/Frühsummer; Som = Sommer; Herb = Spätsommer/Herbst;
 Bra = Brache (bei roter Schrift: witterungsbedingt keine Aussaat von Phacelia möglich bzw. Bestand unbefriedigend und daher vorzeitig umgebrochen); Bubo = Buschbohne;
 Erbse = Gemüseerbse (Markerbse), verschiedene frühe Sorten;
 Ha = Hafer (ggf. als DF = Deckfrucht, teilweise frühzeitig gemulcht);
 ÖR: Ölrettich; Per = Perserklee; Pha = Phacelia; SW = Sommerweizen (2007/8: WW durch Vogelfraß vernichtet);
 WT = Wintertriticale; WW = Winterweizen; WWi = Winterwicke; Zwf. = Zwischenfrucht;
 1) durch Vogelfraß vernichtet;
 2) Kulturen im Juni nach Starkregenereignissen mit Wasserüberstau abgestorben;
 3) schlechtes Auflaufergebnis

16 % Ertragsrückgang nach 12-jährigem ununterbrochenen Erbsenanbau

Bei Bodenbearbeitungsgängen (Spatenmaschine, Kreiselegge, Fräse) werden jeweils die 4 Wiederholungen einer Variante nacheinander bearbeitet und danach die Maschine gereinigt, sodass ein Verschleppen von bodenbürtigen Schaderregern zwischen den Varianten weitestgehend ausgeschlossen werden kann.

In Ermangelung von geeigneter Erntetechnik wird das Getreide zur Milchreife abgefahren, was eine Ernte mit Strohabfuhr simulieren soll. Auch die Luzerne wird mit mehreren Schnitten pro Jahr geerntet. Die Erbsen der 1- und 2-jährigen Varianten werden, soweit nicht eine Ertragsauswertung zusammen mit den 4-jährigen Varianten ansteht, zur Grünreife gemulcht. Bei einer Ertragsauswertung werden die Druschabfälle wieder auf die Parzellen aufgebracht.

Nach Winterfurche erfolgte 2019 die Aussaat der Erbsen am 3. April. Auf Grund relativ trockener Witterungsbedingungen musste anschließend mit insgesamt 24 mm beregnet werden, der Mai war „kühl und nass“. Zwei Striegelbehandlungen bekämpften jeweils nahezu alle vorhandenen Unkräuter, eine dritte Unkrautwelle keimte erst bei einer Erbsenhöhe von 12-15 cm und dürfte damit nicht mehr ertragswirksam geworden sein. Der Blatt-Befall mit Blattrandkäfer fiel relativ stark aus, eine Kontrolle bei Blühbeginn zeigte aber keinen auffällig starken Larvenfraß an den Wurzelknöllchen.

Kulturdaten 2018/2019

- 19. April 2018: Variante 'jährlich': Aussaat von Erbsen 'Salinero' (SVS; ungebeizt)
 - 10. August: Aussaat von Phacelia (trockenheitsbeding mehrmals beregnet)
 - Nov. 2018: Winterfurche mit Spatenmaschine (Phacelia vorher gemulcht)
 - 2./3. April 2019: Saatbettbereitung mit Keiselegge, Aussaat der Erbsen auf Kernparzelle mit Parzellen-Drillmaschine: 140 Korn/m², Sorte 'Salinero'(SVS; ungebeizt); 10 Reihen, 11,5 cm Reihenabstand (Aussaat der Parzellenränder mit 2,5 m-Drillmaschine: 140 Korn/m²),
 - 1. Aprilhälfte: insgesamt Beregnung von 24 mm Beregnung zur Auflaufabsicherung
 - 16. April: 1. Striegelbehandlung bei BBCH_{Erbsen} 09
 - 16. April: 2. Striegelbehandlung bei BBCH_{Erbsen} 13
 - 16. Mai: Auszählung Bestandesdichte (2 × 2 lfd.m Reihe/Parzelle)
 - 17./18. Juni: Ernte (Drusch: 2 × 'Mini Sampling Viner')
- Versuchsanlage: Blockanlage mit 4 Wiederholungen
Parzellengröße: 12 m × 2,5 m = 30 m², Ernteparzelle: 10 m × 1,15 m = 11,5 m²
Bodenart: L 3 Al 73/74 (ca. 43 % Sand, 39 % Schluff, 17 % Ton)
Nährstoffe: P_{CAL}: 9,2 mg P/100 g (D); K_{CAL}: 9,1 mg K/100 g (B);
Mg_{Schachtschabel}: 12,5 mg Mg/100 g (E); C_t: 1,16 %; pH_{KCl}: 6,5

16 % Ertragsrückgang nach 12-jährigem ununterbrochenen Erbsenanbau

Ergebnisse im Detail

Da bereits beim Auflaufen eine erste Striegelbehandlung durchgeführt werden musste, konnte die Auszählung der Bestandesdichte erst nach dieser erfolgen. Aus Kapazitätsgründen verschob sich dann die Auszählung auf Mitte Mai. Hier deuteten sich tendenziell ($p = 0,1152$) Unterschiede zwischen den Fruchtfolgevarianten an (Abb. 1), die aber ‚schwerlich‘ mit entsprechenden Fruchtfolgeeffekten erklärt werden können (z.B. praktisch gleich hohe Bestandesdichte bei den Varianten 4-jährig mit bzw. ohne Leguminosen). Zudem erscheinen Bestandesdichten von über 130 Pfl./m² angesichts einer Aussaatdichte von 140 Korn/m² unrealistisch, möglicherweise trat hier Mehrtriebbarkeit auf (bei einer zerstörungsfreien Auszählung nicht erfassbar).

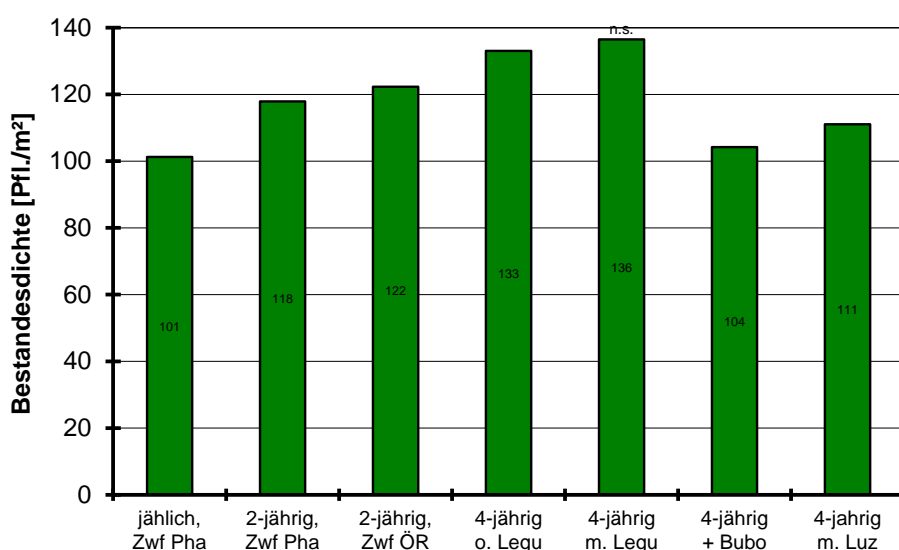


Abb. 1: Bestandesdichte Mitte Mai (Mittelwert über die 4 Wiederholungen)

Nach einem trockenen, von den Temperaturen her aber nur leicht überdurchschnittlichen April folgte ein kühler und mäßig feuchter Mai, sodass die Erbsen sich nicht zu schnell entwickelten und ausreichend vegetatives Wachstum zeigten. Anfang Juni setzten dann allerdings hochsommerliche Bedingungen häufig mit Tagesmaxima von über 30 °C ein, die die Erbsen schnell reifen ließen.

Am 10. Juni kam es zu einem schweren Hagelereignis, der Fruchtfolgeversuch wurde hiervon aber weniger geschädigt als andere Bereiche des Versuchsfeldes, sodass sich negative Ertragseffekte in Grenzen gehalten haben dürften.

Aus Kapazitätsgründen konnte der Versuch (Block A und B) erst am 17. Juni mit einem durchschnittlichen Tenderometerwert (TW) von 155 geerntet werden. Am 18. Juni wies Block C im Mittel bereits einen TW von 177 auf. Da bei hohen TW ‚Ertragsrückrechnungen‘ auf TW 120 (s.u.) zunehmend fehlerbehaftet sind, wurde auf eine Aberntung der D-Wiederholung verzichtet.

Die Tenderometerwerte zeigten, im Gegensatz zur Ernte 2015, eine deutliche Abstufung entsprechend der Anbauhäufigkeit, signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen 2- bzw. 4-jährigen Varianten zeigten sich aber nicht (Abb. 2).

Mit durchschnittlich 54,7 dt/ha konnte ein für Öko-Anbauverhältnisse guter Rohertrag realisiert werden (Abb. 3). Korrigiert auf einen einheitlichen TW von 120 (rel. Ertrag_{TW 120} [%] = $-0,008450 \cdot (TW - 163,87)^2 + 116,3$; LABER 2016) lag das Ertragsniveau bei 48,4 dt_{TW 120}/ha.

16 % Ertragsrückgang nach 12-jährigem ununterbrochenen Erbsenanbau

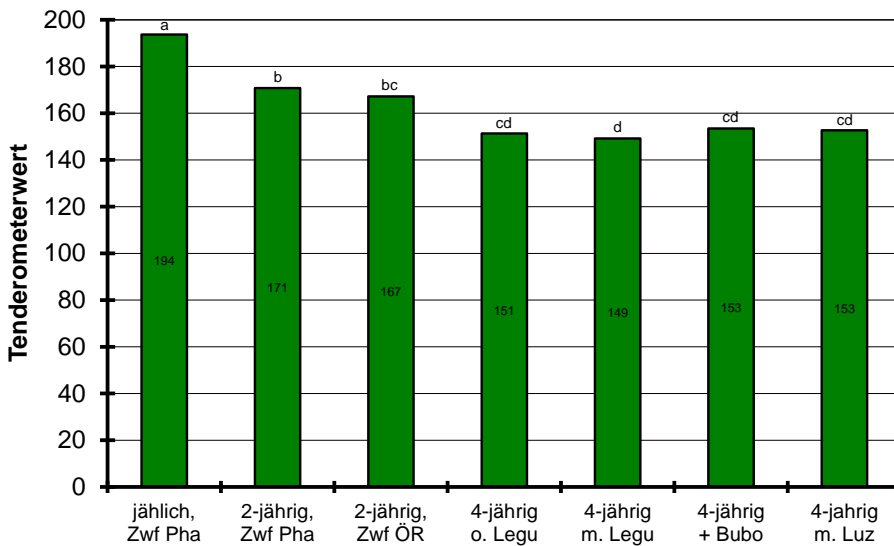


Abb. 2: Tenderometerwerte der geernteten Erbsen (Mittelwerte über 3 Wiederholungen, je Wiederholung 3 Messwiederholungen; $GD_{\alpha < 0,05}$: 17,0)

Die 1-/2-jährigen Varianten zeigten mit durchschnittlich $43,7 \text{ dt}_{\text{TW } 120}/\text{ha}$ 16 % geringere Erträge als die 4-jährigen Varianten ($52,0 \text{ dt}_{\text{TW } 120}/\text{ha}$). Ein entsprechender Ertragsverlust ergibt sich auch beim Vergleich der 1-jährigen Variante mit der ansonsten leguminosenfreien 4-jährigen Variante ('4-jähr. o. Legu'). Auch 2015 wurde ein Ertragsrückgang von 16 % beim Vergleich der 1-/2-jährigen Varianten mit den 4-/6-jährigen Varianten berechnet (LABER 2015). Damit bestätigen sich auch die Ergebnisse von GÜNTHER (1980) bzw. KARCH (1988) die von 17 bzw. 19 % Ertragsverlusten nach langjährigem Erbsenanbau berichteten (s.o.).

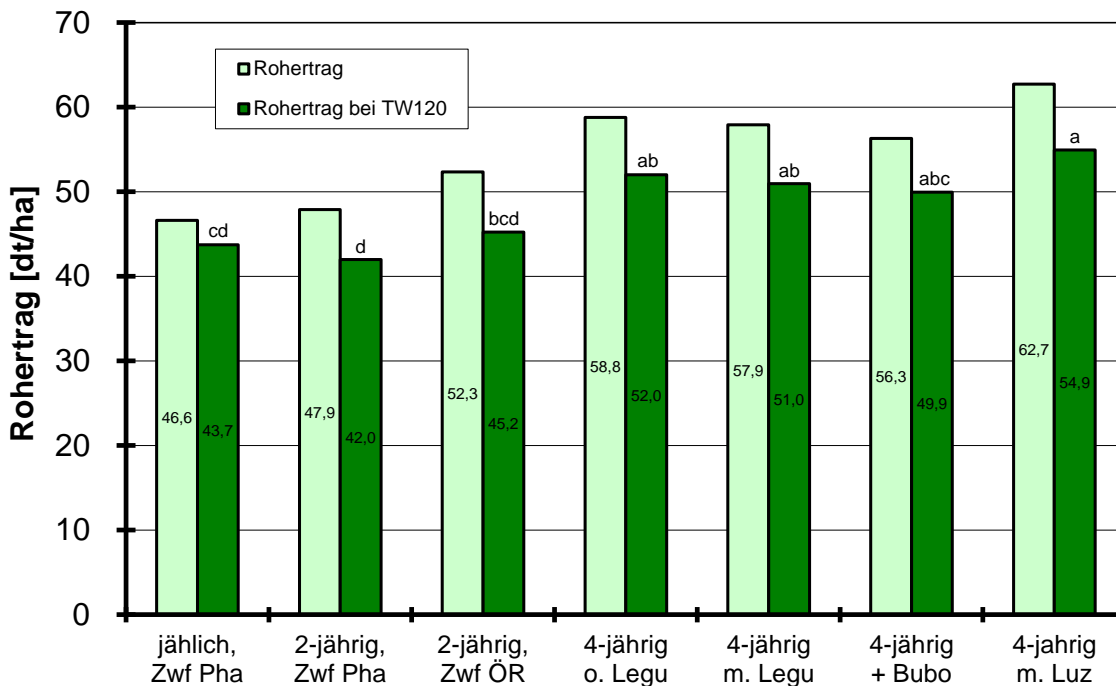


Abb. 3: Rohertrag und geschätzter Rohertrag bei einem Tenderometerwert von 120 bei den verschiedenen Fruchtfolgevarianten (Mittelwert über die Wiederholungen; $GD_{\alpha < 0,05}$ Rohertrag: $17,0 \text{ dt}/\text{ha}$; Rohertrag bei TW 120: $7,1 \text{ dt}/\text{ha}$)

16 % Ertragsrückgang nach 12-jährigem ununterbrochenen Erbsenanbau

Auch bei der Menge an Ernterückständen (Frischmasse) und beim Ernteindex (Anteil Erntegut am Gesamtaufwuchs) zeigten sich deutliche Fruchtfolgeeffekte (Abb. 3). Die enge Korrelation zwischen TW und Menge an Ernterückständen ($R^2 = 0,77$) bzw. TW und Ernteindex ($R^2 = 0,84$) deutet aber darauf hin, dass die Menge an Ernterückständen (auch) stark vom unterschiedlichen Reifegrad (\Rightarrow zunehmende Austrocknung der Ernterückstände; der Trockensubstanzgehalt wurde aber leider nicht erfasst) beeinflusst worden zu sein scheint.

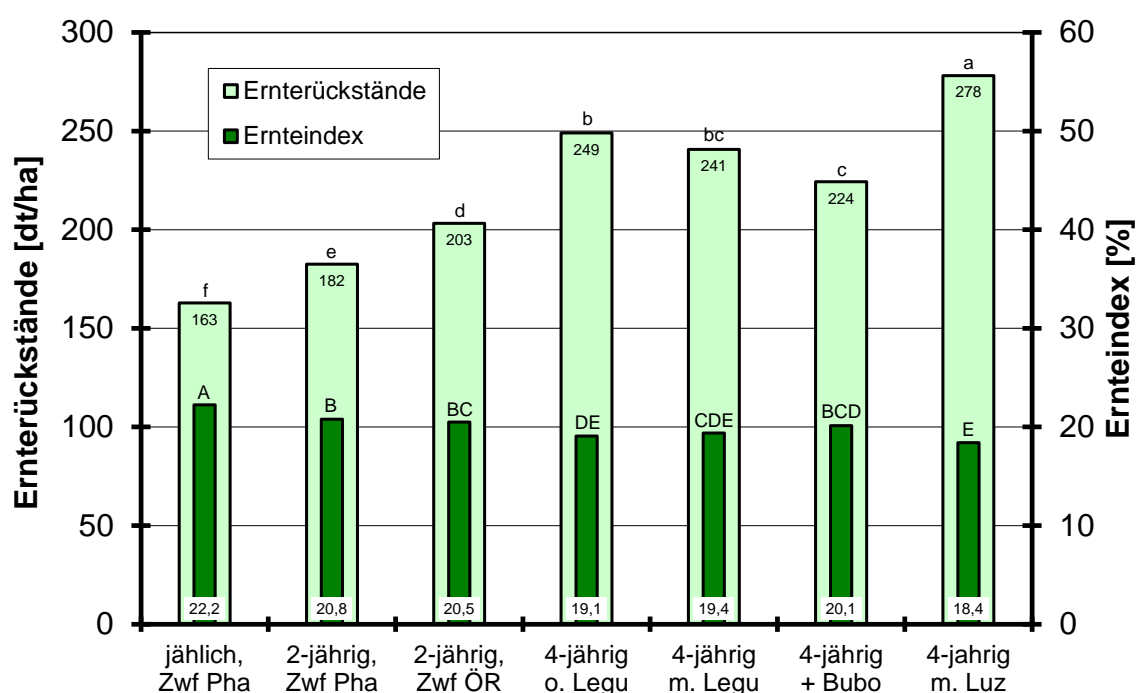


Abb. 4: Ernterückstände und Ernteindex (berechnet mit nicht-TW-korrigierten Erträgen) bei den verschiedenen Fruchtfolgevarianten (Mittelwert über die Wiederholungen; $GD_{\alpha < 0,05}$ Ernterückstände: 17,2 dt/ha; Ernteindex: 1,3 %)

Literatur:

CRÜGER, C., G.-F. BACKHAUS, M. HOMMES, S. SMOLKA und H.-J. VETTEN 2002: Pflanzenschutz im Gemüsebau. Verlag E. Ulmer, Stuttgart

FREYER, B. 2003: Fruchtfolgen. Verlag E. Ulmer, Stuttgart

GÜNTHER, R. 1980: Der Einfluss des Anbaus in Monokultur auf quantitative und qualitative Merkmale bei neun Gemüsearten auf einem Löß-Standort. Diss. Univ. Halle-Wittenberg

KARCH, G. 1988: Ergebnisse des Ertragsverlaufs bei einigen Gemüsearten nach zehnjähriger Monokultur und danach eingeschobenen Anbaupausen. Gartenbau **35** (12), S. 358-360

LABER, H. 2016: Abreife- und Ertragsverlauf von Markerbsen; Resümee aus 6 Versuchsjahren. Versuche im Deutschen Gartenbau, Gemüsebau, www.hortigate.de

LABER, H. 2015: Nach 8-jährigem Erbsenanbau deuten sich leichte Ertragsrückgänge an. Versuche im Deutschen Gartenbau, Gemüsebau, www.hortigate.de